不飽和土の三軸圧縮試験における排水条件の影響

鳥取大学工学部　正 会 員　　清水 正喜
鳥取大学大学院　学生会員　○坂本 創

1. はじめに

不飽和土からなる地盤の安定性を評価するためのせん断強度を，室内試験において評価するためには排水条件を考慮することが必要である．本研究では不飽和供試体に対して排水及び非排水三軸圧縮試験を行い，軸圧縮過程における体積圧縮挙動及び強度に与える排水条件の影響について調べた．（ここに非排水とは，供試体底面からの排水を許さない条件のことである．）

2. 試料及び供試体

試料は，藤森粘土を用いた．気乾状態でふるい分けした 425 μm ふるい通過 75 μm ふるい残留分を 1 ヵ月以上水浸させておき，再度 75 μm ふるいの上で水洗いし，その残留分に 75 μm 通過分を 5 %混ぜたものである．試料の物理的性質を表 1 に示す．

粒度調整した試料を乾燥させない状態で含水比を 80 %程度に調整し真空脱気した．その後，1 次元圧密モールドで最大圧密圧力 49kPa に予圧密した．

表 1：試料の物理的性質

ρ_s(g/cm^3)	2.653
w_L(%)	61
w_P(%)	33
I_P	28
細砂(%)	74.3
シルト(%)	13.8
粘土(%)	11.9

3. 試験装置

試験装置は清水・岡本[1]が用いたものに改良を加えた．セル圧，間隙空気圧及び背圧は独立に制御できる．排水量は二重管ビュレット内水位，体積変化量は内セル内水位の変化量を測定することにより算定できる．本研究では内セル水の蒸発を防ぐために載荷棒を Y リング装着型載荷棒[2]にした．これにより体積変化量の測定精度を高くすることができた．

4. 試験方法

本試験では正味の拘束圧 σ_{3net}＝200 kPa のもとでサクション s を 30, 70kPa としそれぞれについて排水試験および非排水試験を行い，加えて σ_{3net}＝100 kPa，s70kPa の排水試験を行った．

(1)等方圧縮過程　排水，非排水試験とも同じ方法で行った．正味の拘束圧 σ_{3net} は，間隙空気圧 u_a を変化させることにより増減させた．等方圧縮は常に排気状態にして，圧力等を段階的に変えた．まず，非排水状態で所定のセル圧，間隙空気圧及び背圧を与え，間隙水圧及び体積変化が落ち着き次第排水状態にし，排水量が落ち着き次第測定を終了した．

(2)軸圧縮過程　排水試験では排気排水状態でひずみ速度 0.0051 %/min で圧縮した．非排水試験は，排気非排水状態でひずみ速度 0.0244 %/min で圧縮した．その時，間隙水圧の変化に伴って間隙空気圧も変化させることによりサクションを一定に保った．

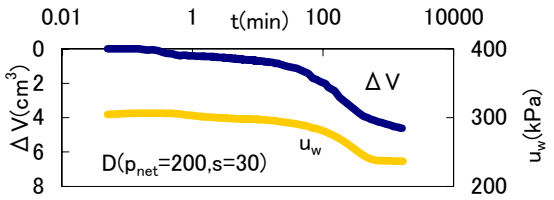


図 1：等方圧縮過程(非排水段階)

5. 結果

(1)等方圧縮過程

図 1 に拘束圧 σ_{3net}＝0→95.9kPa とした時の非排水段階における体積変化 ΔV と間隙水圧 u_w の変化挙動を示す．u_a を下げたので，それに応じて u_w が時間とともに減少している．図 2 に拘束圧 σ_{3net}＝200kPa のもとでサクションを 67.9kPa に上げた時の排水段階の結果を示す．排水段階では，体積変化が落ち着い

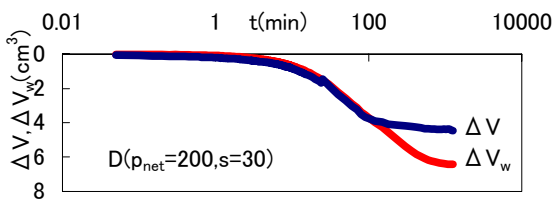


図 2：等方圧縮過程(排水段階)

キーワード：不飽和土　三軸圧縮試験　排水条件　応力経路
連絡先：清水正喜〒680－8552　鳥取県鳥取市湖山町南 4－101,鳥取大学工学部,土木工学科

た後も排水が続き，排水量ΔVwが体積圧縮量ΔVを上回っていた．すなわち排気が起こったことを表す．等方圧縮終了時の飽和度はs=70kPaの試験では70~80%，s=30kPaの試験では95~100%となった．

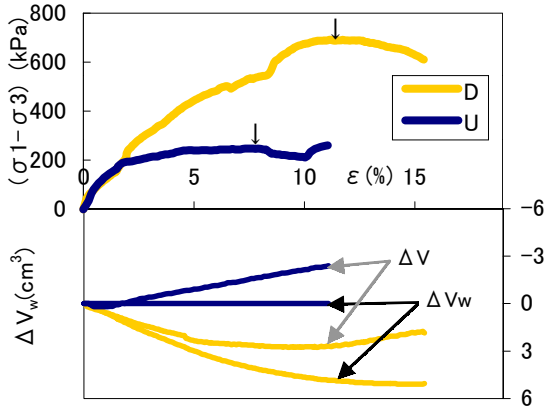
(2)軸圧縮過程

図4は，軸差応力（$\sigma_1-\sigma_3$），体積圧縮量ΔV及び排水量ΔVwと軸ひずみεの関係を示す．また，図に示した矢印(↓)はピークの現れた位置を示す．図 4(b)の排水試験では一度ピークを迎えた後にさらに上昇しているがこれはすべり面が入ったことにより載荷棒が偏心しそれにより生じた摩擦の影響を受けたと考えられる．

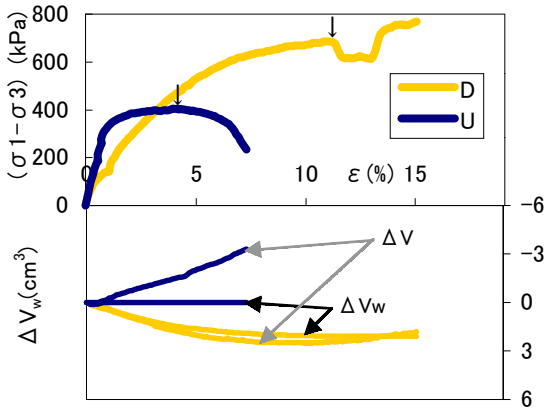
軸差応力は非排水試験ではピーク値(圧縮強さ)が排水試験と比べて小さくそのときの軸ひずみも小さい．

体積変化は非排水試験では初期に圧縮が起こり，その後体積が膨張している．体積の膨張(吸気)は，サクションを一定にするために間隙水圧の上昇と同時に間隙空気圧を上げていった結果，正味の拘束圧σ_{3net}が低下したために起こったと考えられる．排水試験では軸圧縮初期に圧縮し，その後，軸差応力のピークが現れる少し前から膨張傾向を示している．膨張と同時に供試体にすべり面が現れた．

図5は，$(\sigma_1-\sigma_3)/2$を縦軸に，$(\sigma_1+\sigma_3)/2-u_a$を横軸にとった応力経路を示す．排水試験のものは水平と45°をなす直線となる．非排水試験ではせん断されるにつれて間隙水圧が増加し，サクションを一定にするために間隙空気圧を増加させるため正味の拘束圧が低下して破壊している．s=30kPaの試験はs=70kPaの試験に比べ間隙空気圧の増加が大きく，圧縮強度は低くなっている．



(a) s=30kPa



(b) s=70kPa

図4：試験結果(p_{net}=200)

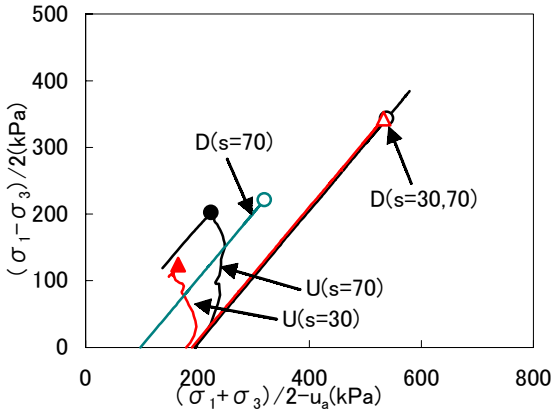


図5：応力経路

6. 結論

・非排水試験では排水試験に比べせん断初期のせん断剛性が大きい．

・圧縮強さは，同じ拘束圧の試験において非排水試験では排水試験より小さくなる．これは正味の拘束圧の低下によるものと考えられる．

・同じ拘束圧で行った非排水試験ではサクションが低いほど正味の拘束圧の減少量が多く，圧縮強度は低下した．

参考文献

1)　清水正喜・岡本佳子：不飽和土の排気・排水三軸圧縮挙動，土木学会中国支部第52回研究発表会，pp.447—448，2000.

2)　清水正喜・今村乗人・小川博史：不飽和土の一次元圧縮特性と圧密挙動，第35回地盤工学研究発表会，pp.1279—1280，2000.